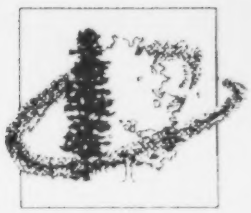
Québec



Note de recherche forestière n° 44

Étude de la mortalité initiale de la régénération préétablie de sapin et d'épinette noire après une coupe avec protection de la régénération

Jean-Claude Ruel[1], **René Doucet**[2] **et Jocelyn Boily**[3]

O.D.C. 562.22:231.1(047.3)(714)
L.C. SD 397

Résumé

Ce rapport présente les premiers résultats d'une étude sur les paramètres affectant la mortalité de la régénération préétablie après une coupe avec abattage directionnel et sentiers de débusquage espacés. La mortalité durant la première année a atteint 24,2 p. 100 pour le sapin et 19,7 p. 100 pour l'épinette noire. Cette mortalité a surtout été dépendante de la hauteur des tiges, de leur proportion de cime vivante ainsi que de l'importance des blessures causées par l'exploitation. Dans le cas du sapin toutefois, l'effet de la proportion de cime vivante n'était évident que pour les tiges de plus de 1 m alors qu'un effet de la croissance en hauteur avant la coupe et de l'inclinaison des tiges était aussi détecté. Les petites tiges de mauvaise qualité ont ainsi connu une mortalité supérieure à 50 p. 100 alors qu'elle est demeurée inférieure à 10 p. 100 pour les tiges de plus de 1 m de bonne qualité, la qualité tenant compte de la proportion de cime verte, de l'état de la pousse terminale, de l'inclinaison de la tige et de l'abondance des blessures.

Abstract

This report presents first-year results of a study whose objective is to relate the characteristics of coniferous advance growth to survival after careful logging in Québec's boreal forest. Mortality reached 24,2 % for balsam fir and 19,7 % for black spruce. First-year mortality was related to height, logging damage and live crown ratio. However, the effect of live crown ratio was not clear for balsam fir stems below 1 m. Balsam fir survival was also affected by stem inclination and height growth before logging. Small, poor quality stems suffered losses of over 50 % while, for good quality stems over 1 m, mortality remained below 10 %. The definition of quality took into account the presence of a leader, the live crown ratio, the importance of logging damage and the inclination of the stem.

1 Ingénieur forestier, *Ph.D.*, chargé de recherche en sylviculture des forêts naturelles.

2 Ingénieur forestier, *Ph.D.*, responsable de la Division de recherche et développement en sylviculture des forêts naturelles.

3 Ingénieur forestier, chargé de recherche en sylviculture des forêts naturelles.

Direction de la recherche
2700, rue Einstein
SAINTE-FOY (Québec) G1P 3W8 Canada

Téléphone: (418) 643-7994
Telex: 051-31589 SDBCS QBC
Télécopieur: (418) 643-2165

92-02106/

Introduction

L'établissement d'une régénération en quantité suffisante constitue une condition essentielle au renouvellement des peuplements. Au Québec, les peuplements récoltés disposent habituellement d'une abondante régénération préétablie (Ruel 1989) et sa protection au moment de la récolte constitue une approche peu coûteuse pour s'assurer d'un niveau suffisant de régénération. L'efficacité de cette approche repose toutefois sur la capacité de réaction de cette régénération à l'enlèvement du couvert (Ferguson 1984). Cette capacité a fait l'objet de nombreuses discussions (McCaughey et Schmidt 1982), particulièrement dans le cas des marcottes qui constituent l'essentiel de la régénération préétablie des peuplements d'épinette noire (Boily et Doucet, 1991; Ruel, 1989). Parmi les variables utilisées pour prédire la réaction de la régénération préétablie, on retrouve les suivantes (McCaughey et Schmidt 1982, Ferguson et Adams 1980, Hatcher 1964) :

- hauteur
- âge
- croissance en hauteur avant la coupe
- proportion de cime vivante
- évolution de la croissance en hauteur au cours des années précédant la coupe.

Au Québec, la définition d'une tige acceptable en régénération naturelle a évolué au cours des dernières années. Ainsi, en 1988, une tige devait avoir une hauteur comprise entre 5 cm et 3 m, être saine et de bonne qualité (Quebec 1988). Depuis 1989, sa hauteur doit se situer entre 1 cm et 3 m et elle doit être exempte de blessures (Quebec 1989 et 1990). La capacité de réaction de cette régénération, ou celle de tiges ne répondant pas à ces critères, demeure toutefois à vérifier.

Le présent rapport traite des premiers résultats d'une étude visant à cerner les caractéristiques affectant la survie et le développement de la régénération préétablie laissée sur les parterres de coupe. Les deux espèces étudiées sont le sapin baumier [*Abies balsamea* (L.) Mill.] et l'épinette noire [*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.].

Méthodologie

L'étude comporte trois secteurs de coupe régénérés en épinette noire et trois en sapin. Les secteurs dominés par l'épinette noire se répartissent ainsi : deux au Lac-Saint-Jean (Unités de gestion 23 et 24) et un sur la Côte-Nord (Unité de gestion 93). Les secteurs de sapin se retrouvent au Lac-Saint-Jean (Unité de gestion 24), sur la Côte-Nord (Unité de gestion 93) et en Gaspésie (Unité de gestion 14). À l'exception du dernier secteur qui se situe dans la région écologique 8b, l'étude se déroule dans la région 11a (Thibault et Hotte 1985). Les caractéristiques des différents secteurs sont présentées au tableau 1.

Un échantillonnage systématique stratifié en fonction de quatre classes de hauteur et de cinq classes préliminaires de qualité a été réalisé en s'assurant d'une répartition égale entre les différentes classes. Les classes préliminaires de qualité sont présentées à la figure 1. Des virees permanentes ont été établies en diagonale avec les sentiers de débusquage, avec des points d'échantillonnage tous les 15 m.

Tableau 1 : Caractéristiques des stations par espèce et unité de gestion

	Épinette noire			Sapin		
	U.G. 23	U.G. 24	U.G. 93	U.G. 14	U.G. 24	U.G. 93
Dépôt	Till laurentidien	Till laurentidien	Till laurentidien	Till calcaire	Till laurentidien	Till laurentidien
Drainage*	imparfait	mauvais	modéré	imparfait	très mauvais	imparfait
Texture	sable loameux	sable loameux	sable loameux	loam sableux	loam	loam sableux
Pente	0-10 %	0-10 %	0-5 %	0-5 %	0-20 %	10-20 %
Profondeur de la nappe phréatique (cm)	—	50	—	—	10	80
Épaisseur du dépôt (cm)	> 55	> 50	> 55	> 50	65	> 90

* Selon la Commission Canadienne de pédologie (1978).

À l'intérieur d'un rayon de 5 m autour de chaque point, des tiges ont été sélectionnées jusqu'à concurrence de 6, sans retenir deux tiges de même hauteur et qualité. L'échantillonnage s'est poursuivi jusqu'à l'obtention de 12 tiges par combinaison, pour un total de 240 tiges. Celles-ci ont été identifiées en permanence sur le terrain. Dans un des secteurs, la difficulté de trouver des tiges de certaines classes particulières nous a amenés à cesser l'échantillonnage sans que cet objectif ne soit atteint.

Une première mesure réalisée dans les premiers mois après la coupe a permis de noter pour chaque tige les caractéristiques suivantes :

- hauteur
- longueur de cime verte
- croissance en hauteur des trois dernières années
- diamètre de la base de la cime
- distance horizontale séparant le pied de la tige de la projection du sommet de l'arbre
- distance horizontale entre le pied de la tige et le point de redressement pour les arbres courbés
- hauteur du point de redressement
- dimensions et localisation des blessures au tronc
- importance des blessures aux branches
- indice de blessures aux racines
- état de la flèche terminale.

Un inventaire a été refait à la fin de la saison de croissance suivante afin d'évaluer la mortalité initiale.

Les variables suivantes ont ensuite été utilisées dans une régression logistique par étape (Legendre et Legendre 1984) afin de sélectionner celles qui expliquent le mieux la mortalité initiale pour chacun des secteurs :

- hauteur

$$\text{- proportion de cime verte} = \frac{\text{longueur de cime verte}}{\text{longueur de l'arbre}}$$

- croissance en hauteur de l'année courante

$$\text{- taux relatif de croissance en hauteur} = \frac{\text{croissance courante}}{\text{croissance de l'année précédente}}$$

$$\text{- inclinaison} = \frac{\text{distance horizontale séparant le pied du sommet}}{\text{hauteur}}$$

- hauteur du point de redressement pour l'épinette noire

- distance horizontale entre le pied et le point de redressement pour l'épinette noire.

Quatre indices décrivant l'importance des blessures ont aussi été examinés. Pour les deux premiers, on compile d'abord une estimation de la proportion de la circonférence affectée par la blessure :

$$\frac{La}{\prod \times D}$$

où La = largeur de la blessure
et D = diamètre de la tige au niveau de la blessure.

Le premier indice fait la somme de la plus haute valeur de chacun des quatre côtés de la tige alors que le second correspond à la valeur maximale calculée pour une blessure sur une tige donnée.

Le troisième et le quatrième indices tentent de tenir compte du périmètre de la blessure en accordant un poids plus important à sa largeur. Ils ont été proposés à l'origine pour décrire l'importance des chancres (L. Blais, comm. pers.). La valeur suivante est d'abord calculée :

$$\frac{2La}{La + Lo} \times \frac{1}{D} \times \frac{La^2 + Lo^2}{2}$$

où Lo = longueur de la blessure.

Le troisième indice fait ensuite la somme de la plus haute valeur par côté de la tige alors que le quatrième ne retient que la plus haute valeur pour l'ensemble de la tige.

Les coefficients de corrélation de Spearman (Legendre et Legendre 1984) entre la survie et ces variables ont également été examinés. À partir de ces deux analyses, des compilations ont été effectuées pour cerner l'effet des variables retenues par la régression, ou encore présentant de bons coefficients de corrélation.

Résultats et discussion

La mortalité moyenne a atteint 24,2 % pour le sapin et 19,7 % pour l'épinette noire. Elle se concentre principalement chez les petites tiges de mauvaise qualité (figures 2 et 3). Elle atteint ainsi 56 % pour l'épinette noire et 65 % pour le sapin chez les tiges de moins de 30 cm de hauteur appartenant à la classe de qualité 5 alors qu'elle demeure, pour les deux espèces, inférieure à 10 % pour les tiges de plus de 1 m appartenant aux trois premières classes de qualité.

La hauteur est le paramètre qui a été retenu le plus souvent par les régressions logistiques pour les six secteurs d'étude (tableaux 2 et 3). La régénération installée en sous-étage possède un feuillage d'ombre et présente souvent une forme étalée qui maximise la surface réceptrice d'énergie lumineuse (Tucker *et al.* 1987). Après la disparition du couvert,

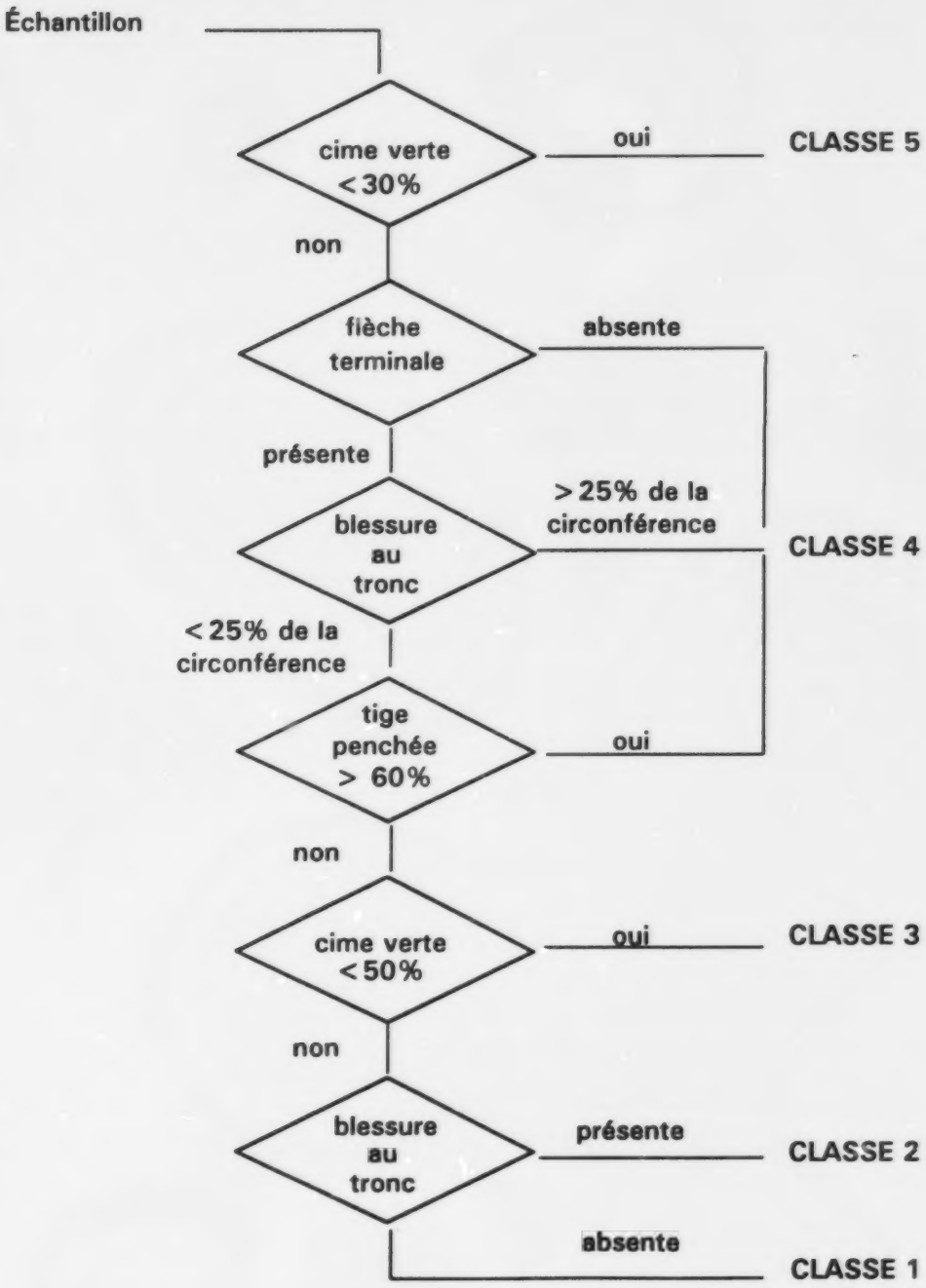


Figure 1. Classes de qualité de la régénération utilisées

Tableau 2 : Coefficients de corrélation de Spearman entre la survie des tiges d'épinette noire et leurs caractéristiques initiales

Caractéristique initiale		U.G. 23	U.G. 24	U.G. 93
Hauteur		0,28[1]***	0,24[1]***	0,30[1]***
Croissance en hauteur		0,17 **	0,18 **	0,27 ***
Proportion de cime vivante		0,19[1]**	0,42[1]***	0,35 ***
Taux relatif de croissance en hauteur		0,03	0,02	0,14 *
Inclinaison		– 0,12	– 0,31 ***	– 0,22 ***
Gravité des blessures	I_1	– 0,13 *	– 0,28***	– 0,12[1]
	I_2	– 0,14 *	– 0,26***	– 0,10
	I_3	– 0,13 *	– 0,29[1]***	– 0,12[1]
	I_4	– 0,14[1]*	– 0,27 ***	– 0,10
Hauteur du point de redressement		– 0,07	– 0,02	– 0,10
Distance du point de redressement		– 0,13 *	– 0,07	– 0,01

1 Paramètres retenus par les régressions logistiques.
Valeurs significatives au seuil de 0,05 (*), 0,01 (**) et 0,001 (***).

Tableau 3 : Coefficients de corrélation de Spearman entre la survie des tiges de sapin et leurs caractéristiques initiales

Caractéristique initiale		U.G. 14	U.G. 24	U.G. 93
Hauteur		0,19[1]**	0,44[1]***	0,13 *
Croissance en hauteur		0,22 **	0,30[1]***	0,22 ***
Proportion de cime vivante		0,27 ***	0,15 *	0,25[1]***
Taux relatif de croissance en hauteur		– 0,09	0,002	0,16
Inclinaison		– 0,28[1]***	– 0,36[1]***	– 0,14 *
Gravité des blessures	I_1	– 0,05	– 0,31 ***	– 0,24 ***
	I_2	– 0,06[1]	– 0,30 ***	– 0,24 ***
	I_3	– 0,05	– 0,32[1]***	– 0,24[1]***
	I_4	– 0,06	– 0,30 ***	– 0,25 ***

[1] Paramètres retenus par les régressions logistiques.
Valeurs significatives au seuil de 0,05 (*), 0,01 (**) et 0,001 (***).

on assiste souvent chez d'autres espèces résineuses à la perte des aiguilles âgées et le semis est soumis à un stress hydrique relativement important pouvant même occasionner sa mort (Tucker *et al.* 1987, Ferguson et Adams 1980, Tucker et Emmingham 1977). La reprise de croissance est souvent plus tardive chez les arbres les plus gros et en particulier chez ceux dont la cime est peu développée, car l'écart entre leur capacité de photosynthèse et leurs besoins en respiration est plutôt faible (Ferguson et Adams 1980). Il n'en demeure pas moins que les tiges de plus de 3 m de hauteur, qui ne sont présentement pas considérées lors des inventaires de régénération (Québec 1990), ont présenté d'excellents taux de survie. Dans une étude portant sur les épinettes noire et blanche ainsi que le sapin de l'Ouest [*Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.], Crossley (1976) n'avait observé que peu de mortalité par chablis et insolation chez les arbres résiduels laissés sur le parterre de coupe. Même si la reprise de croissance est plus tardive chez les arbres les plus hauts, plusieurs auteurs ont observé que ceux-ci demeuraient capables de réagir et de contribuer de façon significative au futur peuplement (Paquin 1990, Johnstone 1978). Johnstone (1978) considère même que les arbres résiduels devraient être inclus dans les inventaires de régénération. La capacité de survivre et de réagir des tiges de notre étude devra cependant être vérifiée sur une plus longue période.

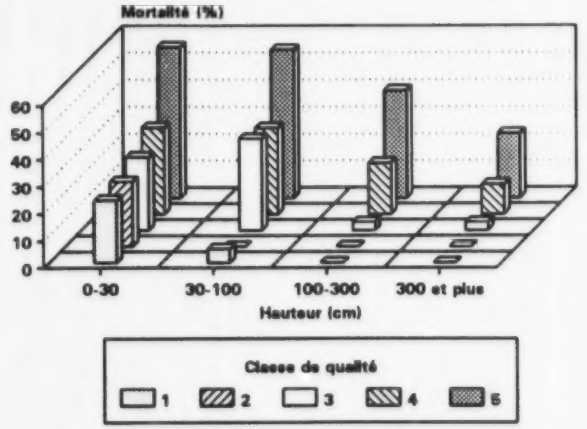


Figure 2. Mortalité de l'épinette noire selon les classes de qualité et de hauteur

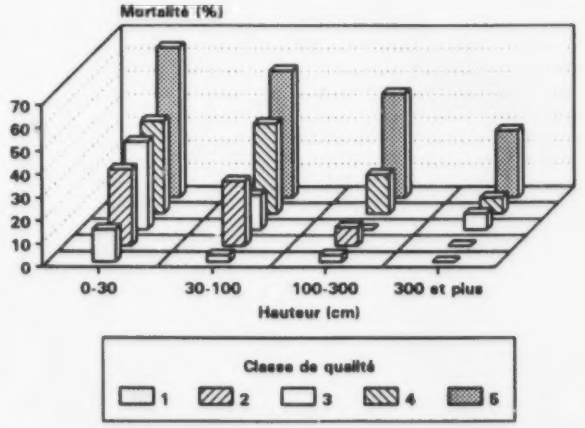


Figure 3. Mortalité du sapin selon les classes de qualité et de hauteur

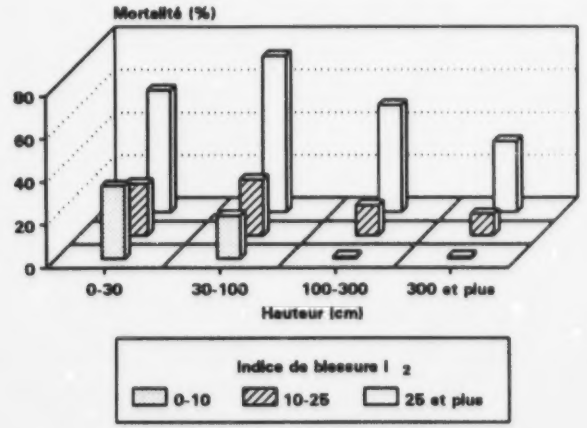


Figure 4. Mortalité de l'épinette noire selon l'importance des blessures et la classe de hauteur

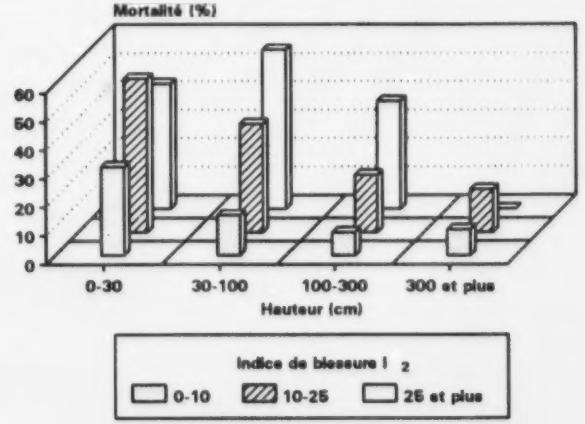


Figure 5. Mortalité du sapin selon l'importance des blessures et la classe de hauteur

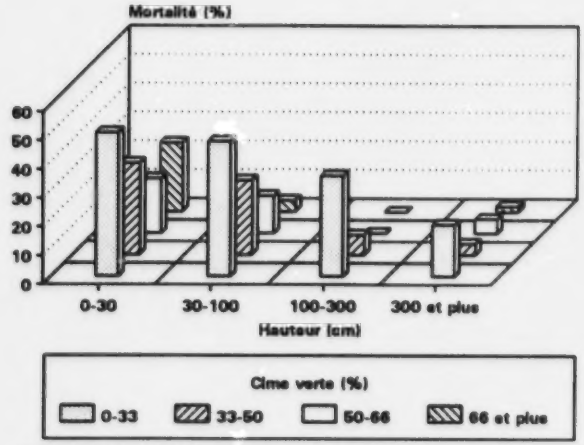


Figure 6. Mortalité de l'épinette noire selon la proportion de cime verte et la classe de hauteur

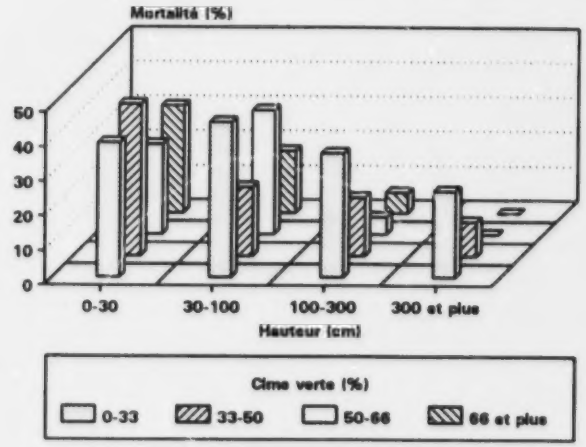


Figure 7. Mortalité du sapin baumier selon la proportion de cime verte et la classe de hauteur

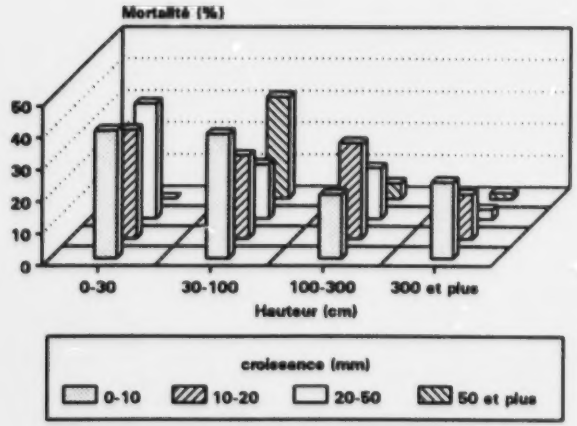


Figure 8. Mortalité du sapin selon la croissance initiale en hauteur et la classe de hauteur

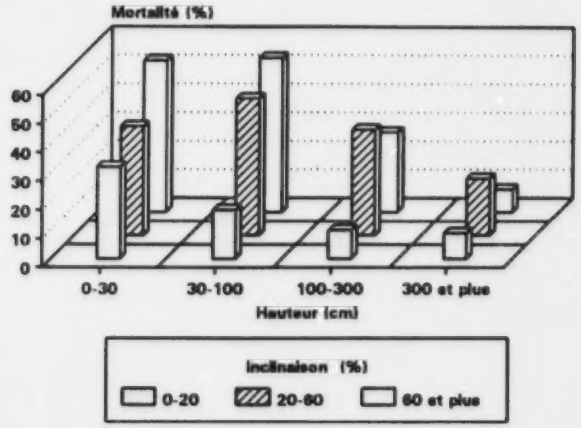


Figure 9. Mortalité du sapin selon l'inclinaison des tiges et la classe de hauteur

Dans tous les secteurs, on remarque aussi une relation entre le taux de survie et l'un ou l'autre des quatre indices décrivant l'importance des blessures (tableaux 2 et 3). Bien que le troisième indice, qui tient compte du périmètre de la plus grosse blessure sur chaque face du tronc, ait été retenu le plus souvent par les régressions, les autres indices présentent des corrélations comparables et sont fortement corrélés à celui-ci. Puisque le second indice exige l'estimation d'un nombre réduit de paramètres, il pourrait représenter un choix intéressant. Pour le sapin et l'épinette noire, la mortalité était particulièrement importante lorsqu'une blessure couvrait plus de 25 % de la circonférence de la tige à ce niveau (figure 4 et 5). Ceci démontre l'importance de minimiser les blessures lors de l'exploitation.

Dans la moitié des secteurs, la régression logistique a retenu la proportion de cime vivante et les coefficients de corrélation entre celle-ci et la survie de la régénération étaient tous significatifs (tableaux 2 et 3). Plusieurs auteurs ont aussi observé que cette variable était un bon indice de la capacité de réaction de la régénération préétablie (Mccaughey et Schmidt, 1982; Seidel, 1980). Seidel (1980) recommande même, pour le sapin grandissime [*Abies grandis* (Dougl.) Lindl.] de ne pas tenir compte des individus ne possédant pas 50 % de cime vivante. Dans notre étude, la mortalité a été élevée chez les tiges dont la proportion de cime vivante était de moins de 33 % (figures 6 et 7), particulièrement dans le cas de l'épinette noire et des tiges de sapin dont la hauteur dépasse 1 m.

L'effet sur les petites tiges de sapin est toutefois moins net. Cette variable reflète possiblement le degré d'oppression de la tige avant la coupe (Seidel 1980).

Dans le cas du sapin, on a aussi constaté une relation entre la survie et la croissance en hauteur de l'année de la coupe (tableau 3). Plusieurs auteurs ont aussi observé une relation entre la croissance en hauteur au cours des années précédant la coupe et la réaction du semis (McCaughey et Schmidt 1982, Ferguson et Adams 1980, Seidel 1980, Crossley 1976, Hatcher 1960). Selon Ferguson et Adams (1980), cette variable refléterait aussi le degré d'oppression avant la coupe. On constate ainsi qu'en général, les tiges ayant une croissance supérieure à 50 mm ont mieux survécu (figure 8). La relation est toutefois moins nette que dans les cas précédents.

L'inclinaison des tiges a aussi eu un impact sur la survie du sapin (tableau 3). Celles dont l'inclinaison est inférieure à 20 % ont ainsi mieux survécu (figure 9). Chez cette espèce, l'inclinaison des tiges reflète probablement un dommage causé par l'exploitation, en particulier au niveau des racines. Dans le cas de l'épinette noire, l'inclinaison des jeunes tiges pouvait aussi découler de l'origine par marcottage, ce qui n'affecterait pas nécessairement leur survie. Les mesures de courbure de la tige (distance et hauteur du point de redressement) n'ont pas été retenues dans les régressions établies pour l'épinette noire, soit parce que la forme des marcottes n'influençait pas de façon marquée la survie des tiges ou, encore, qu'elle était mal décrite par les variables utilisées.

Conclusion

Ces résultats fournissent certaines indications quant aux variables affectant la survie initiale de la régénération préétablie laissée sur le parterre de coupe. La survie a été moins bonne chez les petites tiges et elle a été réduite par les blessures d'exploitation. Les épinettes noires et les sapins de plus de 1 m fortement opprimés ont aussi connu une mortalité plus élevée. L'excellente survie initiale des tiges de hauteur supérieure à 3 m est aussi à noter.

Il faudra toutefois attendre des résultats à plus long terme avant de conclure. En effet, les résultats disponibles ne touchent que la mortalité durant la première année. Celle des prochaines années pourrait être d'une autre nature.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier MM. Gilles Rhéaume et Bruno Canuel qui ont participé à la supervision des travaux. La participation des unités de gestion intéressées ainsi que des compagnies Price, Stone-Consolidated et Gaspésia mérite aussi d'être soulignée, puisque ces organismes ont fourni le personnel qui a réalisé l'inventaire de terrain. Enfin l'indice de gravité des blessures faisant intervenir le périmètre de la blessure a été conçu par Gilles Désaulniers et Louis Blais. Les conseils de ce dernier pour l'analyse statistique ont aussi été appréciés.

Bibliographie

Boily, J. et R. Doucet, 1991. *Croissance en hauteur de la régénération de marcottes d'épinette noire dans des coupes d'une vingtaine d'années.* Min. de l'Énergie et des Ress., Dir. de la rech., Note de rech. for. n° 42. 10 p.

Commission canadienne de pédologie, 1978. *Le système canadien de classification des sols.* Ministère de l'Agriculture, Canada. Publ. n° 1646.

Crossley, D.I., 1976. *Growth response of spruce and fir to release from suppression.* For. Chron. 52 : 189-193.

Ferguson, D.E., 1984. *Needed : guidelines for defining acceptable advance regeneration.* USDA, For. Serv., Intermountain Forest and Range Exp. Stn., Res. Note INT-341, 5 p.

Ferguson, D.E. et D.L. Adams, 1980. *Response of advance grand fir regeneration to overstory removal in northern Idaho.* Forest Sci. 26 : 537-545.

Hatcher, R.J., 1960. *Croissance du sapin après une coupe rase dans le Québec.* Canada, Min. du Nord canadien, Dir. des recherches sylvicoles, Mémoire technique n° 87. 24 p.

Hatcher, R.J., 1964. *Balsam fir advance growth after cutting in Québec.* For. Chron. 40 : 86-92.

JOHNSTONE, W.D., 1978. *Growth of fir and spruce advance growth and logging residuals following logging in west central Alberta.* Can. For. Serv., Northern For. Res. Cent., Inf. Rep. NOR-X-203. 16 p.

LEGENDRE L. et P. LEGENDRE, 1984. *Écologie numérique. La structure des données écologiques.* Masson et Presses de l'Université du Québec. 335 p.

MCCAUGHEY, W.W. et W.C. SCHMIDT, 1982. *Understory tree release following harvest cutting in spruce-fir forests of the intermountain West.* USDA, For. Serv., Intermountain For. and Range Exp. Stn., Res. Pap. INT-285. 19 p.

PAQUIN, R., 1990. *Productivité et croissance en hauteur de l'épinette noire [*Picea mariana *(Mill.) B.S.P.] dans des pessières noires boréales régénérées par marcottage, dans de vieilles coupe au Québec.* Univ. Laval, mémoire de maîtrise. 80 p.

QUÉBEC, 1988. *Instructions relatives à l'application du règlement sur les travaux sylvicoles admissibles en paiement des droits.* Min. de l'Énergie et des Ressources, Dir. de la sylviculture. 51 p.

QUÉBEC, 1989. *Instructions relatives à l'application du règlement sur les travaux sylvicoles admissibles en paiement des droits 1989-1990.* Min. de l'Énergie et des Ressources, Dir. de la sylviculture. 45 p.

QUÉBEC, 1990. *Instructions relatives à l'application du règlement sur les travaux sylvicoles admissibles en paiement des droits, 1990-1991.* Min. de l'Énergie et des Ressources, Dir. de la sylviculture. 60 p.

RUEL, J.-C., 1989. *Importance de la régénération préexistante dans les forêts publiques du Québec.* Ann. Sci. For. 46 : 345-359.

SEIDEL, K.W., 1980. *Diameter and height growth of suppressed grand fir saplings after overstory removal.* USDA, For. Serv., Pacific Northwest For. and Range Exp. Stn., Res. Pap. PNW-275. 9 p.

THIBAULT, M. et D. HOTTE, 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation.* Carte couleurs à l'échelle 1 : 1 250 000. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche et Service de la cartographie.

TUCKER, G.F. et W.H. EMMINGHAM, 1977. *Morphological changes in leaves of residual western hemlock after clear- and shelterwood cutting.* Forest Sci. 23 : 195-203.

TUCKER, G.F., T.M. HINCKLEY, J.W. LEVERENZ et S.M. JIANG, 1987. *Adjustments of foliar morphology in the acclimatation of understory Pacific silver fir following clearcutting.* Forest Ecol. and Manag. 21 : 249-268.

Addenda

Dans les remerciements, il faudrait aussi lire le nom de la **Compagnie de Papier Québec et Ontario Limitée.**

FQ91-3079

ISBN 2-550-22381-0
ISSN 0834-4833
Dépôt légal – Quatrième trimestre 1991
Bibliothèque nationale du Canada
Bibliothèque nationale du Québec
© Gouvernement du Québec 1991

Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts
Direction de la recherche